



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

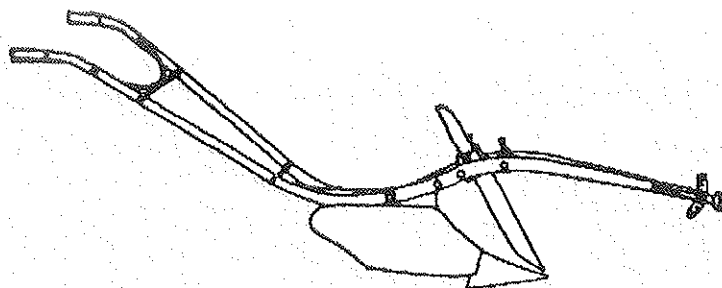
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 7

1994

Hans Pettersson

**RADHACKNING I STRÅSÄD MED
NY HACKUTRUSTNING**

*Rowhoeing in cereals with
new hoeing equipment*

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-M--7--SE



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

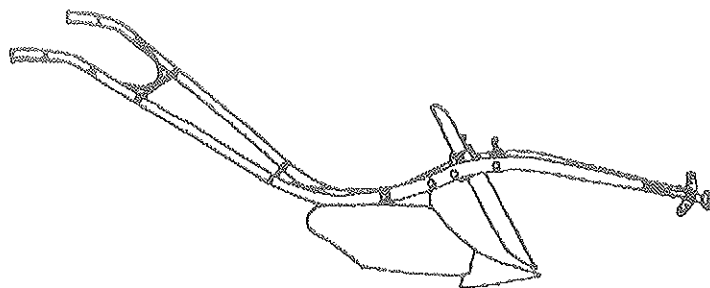
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 7

1994

Hans Pettersson

**RADHACKNING I STRÅSÄD MED
NY HACKUTRUSTNING**

*Rowhoeing in cereals with
new hoeing equipment*

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-M--7--SE

FÖRORD

Detta examensarbete ingår som en del i ett treårigt projekt med mekanisk ogräsbekämpning i stråsäd vid avdelningen för jordbearbetning, institutionen för markvetenskap på SLU. Projektet är finansierat av jordbruksverket.

Jag skulle vilja framföra ett speciellt stort tack till min handledare Lena Hammarström och examinator Tomas Rydberg för all hjälp med uppläggning av detta examensarbete. Jag skulle också vilja tacka Börje Gillberg och Berth Mårtensson för hjälp med det praktiska utförandet av fältförsöken samt alla andra på avdelningen för jordbearbetning som på ett eller annat sätt har hjälpt till.

Ultuna den 31 januari 1994

Hans Pettersson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Summary	1
Sammanfattning	2
Inledning	3
Litteraturstudie	3
Teknisk beskrivning av hackorganen	5
Gåsfotskär	5
Vinkelskär	5
Rullhackan	5
Rullhackans transmissionssystem	6
Styrutrustning	7
Pilotstudien	8
Hackförsökens uppläggning och genomförande	9
Försöksplatser	9
Försöksplaner	9
Försöksserie R2-6113	9
Försöksserie R2-6114	10
Försöksserie R2-6115	10
Sådd och gödsling	11
Hackning	11
Undersökning av kupningseffekt	12
Planräkningar	12
Ogräsräkningar	12
Skörd	12
Bildanalys	13
Statistiska metoder	13
Väderstatistik	13
Resultat	14
Pilotstudien	14
Planräkningar	16
Undersökning av kupningseffekt	17
Ogräsräkningar	18
Försöksserie R2-6113	18
Försöksserie R2-6114	19
Försöksserie R2-6115	23
Bildanalys	24
Skörd	24
Försöksserie R2-6113	24
Försöksserie R2-6114	24
Försöksserie R2-6115	25
Diskussion	26
Litteraturreferenser	28

SUMMARY

Row hoeing in cereals with new hoeing equipment

During the summer of 1992 a new rotary hoe wheel for hoeing in cereals was compared with duck-foot shares and L-shaped shares in three different series of field trials. The field trials were carried out near Uppsala in the eastern part of Sweden. The aim of the investigation was to study how the rotary hoe worked, compared with the other hoes. The crop in the field trials was spring barley. Two series of field trials (R2-6113 and R2-6114) were carried out in a conventional system and one series, R2-6115, was carried out in an ecological system.

The rotary hoe is a new implement for hoeing in cereals and other row crops with row spacing from 12.5 cm to 25 cm. The rotary hoe has powered hoe wheels. The implement was constructed at the Division of Soil Management at the Department of Soil Science in 1992.

In series, R2-6113 row hoeing was studied with respect to soil covering of the crop. The implements used in the series were row-hoes equipped with duck-foot shares, L-shaped shares, rotary hoe wheels and a rolling harrow. The treatments weeded with hoeing were compared with untreated and chemical treatments.

In the R2-6114 series, row hoeing at different row spacings was studied, i.e 12.5 cm, 17 cm and 25 cm. The implements used in the series were row-hoes equipped with duck-foot shares, L-shaped shares, rotary hoe wheels and a rolling harrow. The treatments weeded with hoeing were compared with untreated and chemical treatments.

In the R2-6115 series, hoeing in an ecological system was studied. The implements used in the field trial were row-hoes equipped with duck-foot shares, L-shaped shares, the rotary hoe and a weed harrow. Treatments weeded with hoeing and harrowing were compared with untreated treatments.

In series R2-6113 and R2-6114 hoeing with the rotary hoe wheels resulted in a higher weight of remaining weeds compared with hoeing with duck-foot shares and L-shaped shares. The combination of rotary hoe wheels and the rolling harrow was more effective than hoeing with only rotary hoe wheels. In series R2-6115, the weed weights after hoeing with duck-foot shares and L-shaped shares were lower than when hoeing with the rotary hoe wheels.

The differences in yield were small between the weeded treatments in series R2-6113 and R2-6114. In series R2-6115, the differences in yield were greater. Hoeing with duck-foot shares and L-shaped shares gave about 10 per cent higher yield than hoeing with rotary hoe wheels. The differences were statistically significant.

The conclusions reached as a result of the trials are that:

- hoeing with the rotary hoe wheels did not give sufficiently good results to pay the higher construction costs compared with the other shares in the test.
- the rotary hoe wheels should be equipped with L-shaped knives instead of wings for better cutting effect.
- the rotary hoe wheels for 12.5 cm row spacing should be wider to improve the weed effect between plant rows.
- more research work has to be done to identify the type of implement that gives the best result.

SAMMANFATTNING

Under sommaren 1992 genomfördes tre försöksserier med radhackning i stråsäd där nybyggda rullhackhjul jämfördes med gåsfotskär och vinkelskär. Syftet med undersökningen var att studera hur den nybyggda rullhackan fungerade i jämförelse med andra typer av hackor. En av försöksserierna (R2-6115) utfördes i ekologisk odling och de övriga i konventionellt odlade system. Grödan i fältförsöken var vårkorn.

Rullhackan är ett nykonstruerat redskap avsedd för radhackning i stråsäd och andra radsådda grödor med radavstånd från 12,5 cm till 25 cm. Hackan har hydraulmotordrivna hackhjul och är konstruerad vid avdelningen för jordbearbetning.

I försöksserie R2-6113 undersöktes radhackning med avseende på jordtäckning. De redskap som ingick i serien var radhackor utrustade med gåsfotskär, vinkelsskär och rullhackhjul samt en John Deere rullharv. De radhackade leden såddes med 25 cm radavstånd. Två obehandlade och ett kemiskt behandlat led ingick också i försöksserien.

I försöksserie R2-6114 studerades radhackning vid 12,5 cm, 17 cm och 25 cm radavstånd. De redskap som användes var radhackor utrustade med gåsfotskär, vinkelskär och rullhackhjul samt rullharv. De radhackade leden jämfördes också med obehandlade och kemiskt behandlade led.

I försöksserie R2-6115 studerades radhackning i ekologisk odling. De redskapen som användes var radhackor utrustade med gåsfotskär, vinkelskär och rullhackhjul samt Rabewerk ogräsharv. De radhackade och ogräsharvade leden jämfördes med obehandlade led.

I försöksserie R2-6113 och R2-6114 efterlämnade radhackning med rullhackhjul högre ogräsvikt än hackning med gåsfotskär och vinkelskär. Resultatet förbättrades när rullhackhjulen kombinerades med rullharven. I försöksserie R2-6115 resulterade radhackning med gåsfotskär och vinkelskär i något lägre ogräsanfall och ogräsvikt än radhackning med rullhackhjulen.

Skillnaderna i skörderesultat mellan de radhackade leden var små i försöksserie R2-6113 och i försöksserie R2-6114. I försöksserie R2-6115 var dock skillnaderna större och hackning med gåsfotskär resp. vinkelskär gav ca 10 % högre skörd än hackning med rullhackhjul. Skördeskillnaderna var statistiskt signifikanta.

Slutsatserna som dras av hackningsförsöken är att:

- rullhackan ej har givit tillräckligt bra ogräs- och skörderesultat för att den dyrare konstruktionen skall vara lönsam i praktisk drift.
- om den drivna rullhackan skall bli konkurrenskraftig gentemot hackor utrustade med fasta skär behövs sannolikt en mera skärande typ av hackhjul. Ett förslag är att hackhjulen förses med L-formade knivar istället för vingar.
- rullhackhjulet konstruerat för 12,5 cm radavstånd behöver breddas från 4 cm till 5 cm för bättre ogräseffekt mellan stråsädesraderna.
- mera forskningsarbete behövs för att utvärdera vilken hackningsutrustning som ger bästa resultat.

INLEDNING

Ogräsharvning och radhackning var vanliga metoder för att bekämpa ogräs i spannmål, rotfrukter och oljeväxter fram till i början av 1950- talet. Radhackning i spannmål har aldrig skett i någon större omfattning, istället har ogräsharvning varit vanligare. På femtiotalet började man tillverka kemiska preparat mot ogräs och dessa började användas i en allt större omfattning. Från femtiotalet till slutet av sjuttiotalet ansågs bekämpningsmedlen mot ogräs var både ofarliga och billiga varför intresset för mekanisk ogräsbekämpning avtog och så även forskningen och utvecklingen. Radhackning fanns kvar som ett komplement i oljeväxt-, sockerbets- och köksväxtodlingen.

Intresset för mekanisk ogräsbekämpning började åter väckas till liv i början på 1980- talet av miljöskäl. Vid avdelningen för växtodling (SLU) genomfördes långliggande försök med ogräsharvning (Gummesson, 1986). Vid avdelningen för jordbearbetning (SLU) startades 1981 en fältförsöksserie med ogräsharvning i höstsäd och vårsäd (Gillberg et. al, 1984). År 1987 utvärderades några olika typer av ogräsharvar i en mindre serie fältförsök. År 1988- 89 genomfördes en större fältförsöksserie med 23 fältförsök där effekten av ogräsharvning i kombination med ökad utsädesmängd och fördröjd sådd undersöktes (Hammarström, 1990).

Försök med radhackning i vårstråsäd startades på avdelningen för jordbearbetning 1990 där man jämförde radhackning vid olika tidpunkter, hastigheter och djup. Fyra försöksserier med radhackning genomfördes under 1991, en i höstvet och tre i vårsäd. I höstveteförsöken undersöktes även om ogräsureduktionen kunde förbättras med en harvning i samband med radhackningen. I försökserierna med vårsäd jämfördes olika skär, tidpunkter och hastigheter för hackning (Hammarström, 1992).

År 1992 konstruerades en hydraulmotordriven rullhacka för hackning i radavstånd ner till 12,5 cm och denna har jämförts med hackor utrustade med gåsfotskär och vinkelskär i tre fältförsöksserier i vårstråsäd under sommaren 1992. Dessa försöksserier utgör grund för en utvärdering av den nybyggda hackan i det examensarbete som redovisas i det följande.

LITTERATURSTUDIE

Radhackning i spannmål har aldrig skett i någon större omfattning, i stället tillämpades ogräsharvning som hade högre kapacitet beroende på en högre körhastighet och en större arbetsbredd.

Radrensning i spannmålsgrödor är en mer selektiv ogräsbekämpningsmetod än ogräsharvning beroende på att hackskären styrs mellan raderna. Med selektivitet menas kvoten mellan effekten på ogräset och skadorna på grödan (Rasmussen & Vester, 1988).

Koch (1964) har gjort tio fältundersökningar i vårstråsäd rörande olika ogräsarters känslighet för ogräsharvning och radhackning i olika utvecklingsstadiet. Resultaten visade att Kamomill (*Matricaria chamomilla* L.) var den känsligaste arten för radhackning i genomsnitt för alla utvecklingsstadierna. Den minst känsliga arten i undersökningen var Åkerbinda (*Polygonum convolvulus*) (tabell 1).

Tabell 1. Olika ogräsarters känslighet för radhackning i olika utvecklingsstadier. Antal döda ogräs i procent av antalet före radhackning efter Koch (1964)

Ogräsart	Hjärtblad	Örtblad		Medeltal tre stadier
		få	många	
Kamomill (<i>Matricaria chamomilla</i>)	78	70	72	73
Kornvallmo (<i>Papaver rhoeas</i>)	83	64	65	71
Penningört (<i>Thlaspi arvense</i>)	81	71	60	70
Våtarv (<i>Stellaria media</i>)	79	52	67	66
Trädgårdsveronika (<i>Veronica persica</i>)	70	70	59	66
Renkavle (<i>Alopecurus myosuroides</i>)	71	61	61	65
Åkerpilört (<i>Polygonum persicaria</i>)	83	49	42	58
Rödplister (<i>Lamium purpureum</i>)	57	58	56	57
Revormstörrel (<i>Euphorbia helioscopia</i>)	50	67	42	53
Åkersenap/ Åkerrättika	56	62	33	50
(<i>Sinapis arvensis</i> / <i>Raphanus raphanistrum</i>)				
Åkerbinda (<i>Polygonum convolvulus</i>)	51	51	47	50

Vid all radhackning är det svårt att döda ogräsen i raderna men små ogräs kvävs om de täcks av 1,5 cm jord. För större ogräs krävs två centimeter jord för att de skall kvävas (Terpstra & Kouwenhoven, 1981).

Radavståndet har stor betydelse för spannmålsgrödans utveckling och konkurrenskraft gentemot ogräset. Olika undersökningar visar att skörden minskar med i storleksordning 0,65 procent per centimeter ökat radavstånd i området 10 till 20 cm. (Bengtsson, 1972; Håkansson, 1984). Det betyder att om radavståndet fördubblas från 12,5 cm till 25 cm så ger det en skördeminskning på ungefär 8 %. Rasmussen & Pedersen (1990) har fått mindre skördereduktioner än ovan nämnda svenska undersökningar. Håkansson (1984) visade att om radavståndet ökas från 10 till 20 cm resulterade det i en ogräsviktökning på 45 %. Utsädesmängden var ungefär 200 kg/ha i båda radavstånden.

Radhackning har många positiva effekter. Mattsson & Nylander (1988) nämner flera fördelar med radhackning jämfört med kemisk bekämpning i sin undersökning. De nämner bland annat att radhackningens jordbearbetande effekt skapar ett avdunstningsskydd och stimulerar mineraliseringen i jorden. En annan fördel är möjligheten att mylla bredspridd handelsgödsel som då kommer att lösas upp snabbare än om den ligger kvar på ytan.

Mattsson & Nylander (1988) har gjort en jämförande studie av olika typer av radrensningssutrustning för köksväxtodling som fanns på den svenska marknaden. I jämförelsen ingick icke kraftuttagsdrivna hackor utrustade med gåsfotskär respektive rullhackhjul, två olika typer av kraftuttagsdrivna radfräsar, en radborste samt ett flammingsaggregat. Radavståndet var 0,5 till 1 meter. Av resultaten framgick att hackorna utrustade med gåsfotskär gav en ganska grov jordstruktur och en del ogräsplantor som blivit upphackade hade fått en jordklump kvar runt roten. Dessa ogräsplantor hade en möjlighet att överleva om det regnade efter hackning. Hackorna hade inte lika god effekt mot stora ogräs som fräsarna. Fräsarna pulveriserade jorden och strukturen var mycket fin vilket kunde leda till igenslamning på struktursvaga jordar. Fräsarna förstörde ogräsplantorna effektivt och blandade dem väl i jorden. Fobro radborste bearbetade jorden ännu hårdare än vad fräsarna gjorde och var mycket effektiv mot ogräset utan att skada kulturplantorna. Borsten lyfte ogräsen effektivt till ytan.

Schmid & Steiner (1986) har också gjort en sammanställning av hur effektiva olika redskap är mot olika ogräsarter. Resultaten visade att radhackning hade varit lika effektiv eller effektivare än ogräsharvning utom för ogräsarterna våtarv (*Stellaria media*) och åkerven (*Apera spica-venti*). Radborsten (Fobro) var effektivast mot samtliga ogräsarter i studien.

TEKNISK BESKRIVNING AV HACKORGANEN

De hackor som har ingått i denna studie är en rullhacka med drivna hackhjul, en hacka med gåsfotskär och en med vinkelskär. Eftersom rullhackan är helt nykonstruerad ges en mer noggrann teknisk beskrivning av denna och mera kortfattade beskrivningar av hackorna med gåsfotskär och vinkelskär.

Hackorna med gåsfotskär och vinkelskär har en gemensam huvudram. Skären byts sedan ut allt eftersom radavstånd och skärtyp varierar. Djupinställningen sker steglöst med två stycken ställbara stödhjul monterade på huvudramen.

Gåsfotskär

Gåsfotskären är monterade på S-formade pinnar av fjäderstål. Bredderna på skären är 10,5 och 15 cm och de är avpassade till radavstånden 17 cm respektive 25 cm.

Gåsfotskären skär av ogräsrotterna under markytan. Skären drar även ner en del av de gröna delarna under markytan. Gåsfotskären har förmågan att kupa in en hel del jord i spannmålsraderna varvid en del ogräs och små spannmålsplanter jordtäcks. Det är främst pinnarna, som skären är monterade på, som kupar in jord i raderna.

Vinkelskär

Vinkelskären (L-formade) är monterade på S-formade pinnar som är vridna så att de har den smalaste sidan i körriktningen. Vinkelskären kommer från en Ugelöse radhacka och skären är kapade till 9 cm bredd för att passa i 25 cm radavstånd. Två skär är placerade i varje radmellanrum med vinkelböjarna närmast stråsädesraderna.

Vinkelskären arbetar på samma sätt som gåsfotskären, dvs de skär av ogräsen under markytan. Skillnaden mellan vinkelskåret och gåsfotskåret ur arbetsprincip är att vinkelskåret kupar jorden bort från stråsädesraderna medan gåsfotskåret kupar jorden mot raderna.

Rullhackan

Rullhackan är nykonstruerad av Börje Gillberg vid avdelningen för jordbearbetning 1992. Rullhackan är ett redskap avsedd att användas för radhackning i spannmål och andra grödor med radavstånd ned till 12,5 cm. Siffrorna inom parantes i texten nedan anger de olika delarna i figur 1.

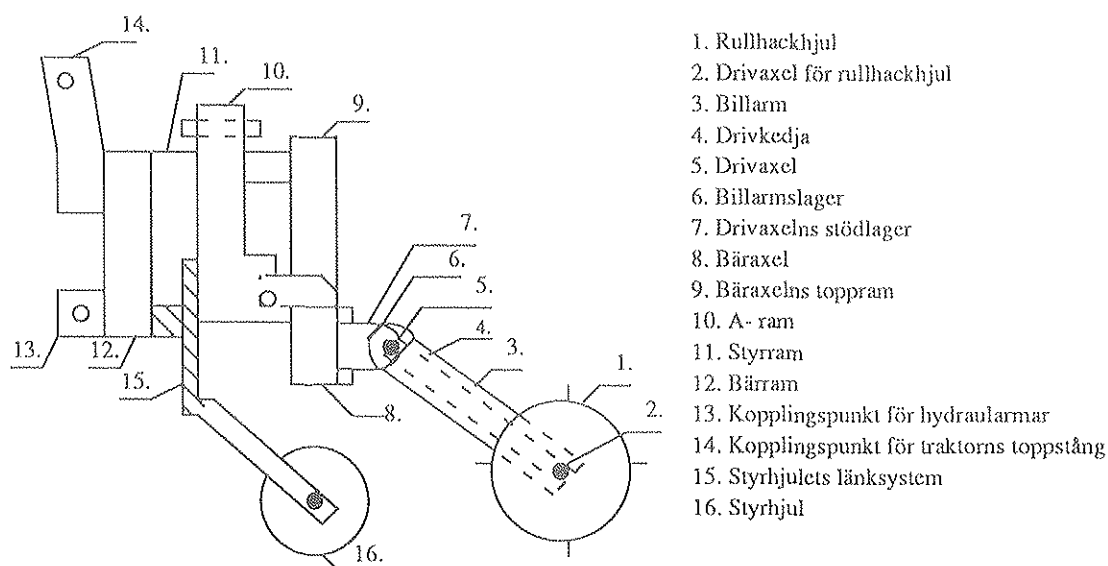
Rullhackhjulen (1) är tillverkade av stålrör som är 32 cm i diameter, avkapat i bredderna 4 cm och 8 cm och avpassat för de olika radavstånden. I varje avkapad rördel är en ståltallrik isvetsad så att ett hjul bildas. Stålhjulet är försett med nio stycken 26 mm höga vingar av plattjärn med längderna 4 cm, 8,5 cm och 16,5 cm.

Rullhackhjulen är placerade på axeln (2) som går igenom billarmen (3). Ett hackhjul är placerat på vardera sidan av armarna. Innuti billarmarna löper en drivkedja (4) som förbinder drivaxeln (5) med drivaxeln (2). Billarmarna kan röra sig fritt, i höjdlöd, i förhållande till varandra, för att armarna på ett smidigt sätt skall kunna följa markytan.

Det finns inga möjligheter att ställa in hackdjupet utan det som begränsar djupet är jordmotståndet, hackorganens vikt och bearbetningsintensiteten. Med bearbetningsintensitet menas kvoten mellan hackhjulens periferihastighet och traktorns körhastighet.

Billarmarna sitter lagrade med två stycken kullager (6) på den gemensamma drivaxeln (5). Billarmarna flyttas på drivaxeln beroende på i vilket radavstånd radhackningen skall ske.

På bärramen (8) är stödlagren (7) monterade på metallplattor som löper i en slid på ramen. Stödlagren, ett per billarm, håller drivaxeln (5) på plats. Bärramen (8) ihop med toppramen (9) är kopplad till en A-ram (10) för att underlätta till och frånkoppling av hackan från styrramen (11) eftersom denna används även för hackorna med gåsfotskär och vinkelskär.

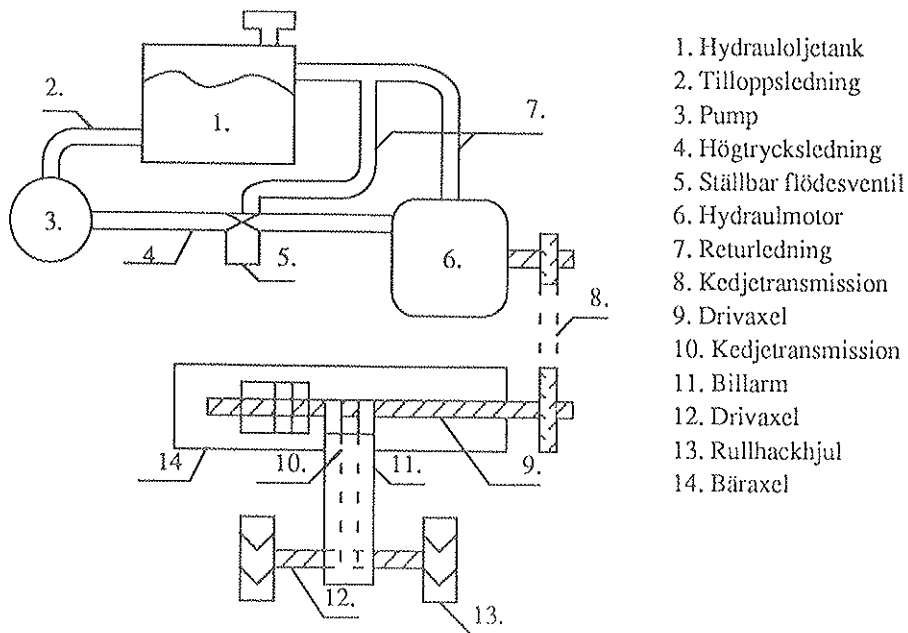


Figur 1. Principskiss av rullhackan.

Rullhackans transmissionssystem

Rullhackhjulen drivs med en hydraulmotor via två stycken kedjetransmissioner. Figur 2 visar en principskiss över rullhackans drivsystem och siffrorna inom parantes anger delarna i denna figur. En separat kraftuttagsdriven pump (3) driver hydraulmotorn. Pumpen pumpar oljan från en separat oljetank (1) via en reglerbar flödesbegränsande ventil (5) till hydraulmotorn. Ventilen möjliggör att varvtalet på hackorganen kan varieras steglöst inom vissa gränser. Oljan från hydraulmotorn pumpas tillbaka till tanken via returledningen (7).

Kedjetransmissionen (8) växlar ned varvtalet från hydraulmotorn till drivaxeln (9). Axeln driver sedan rullhackhjulen via en icke nedväxlande kedjetransmission (10).



Figur 2. Pricipskiss av rullhackans drivsystem.

Styrutrustning

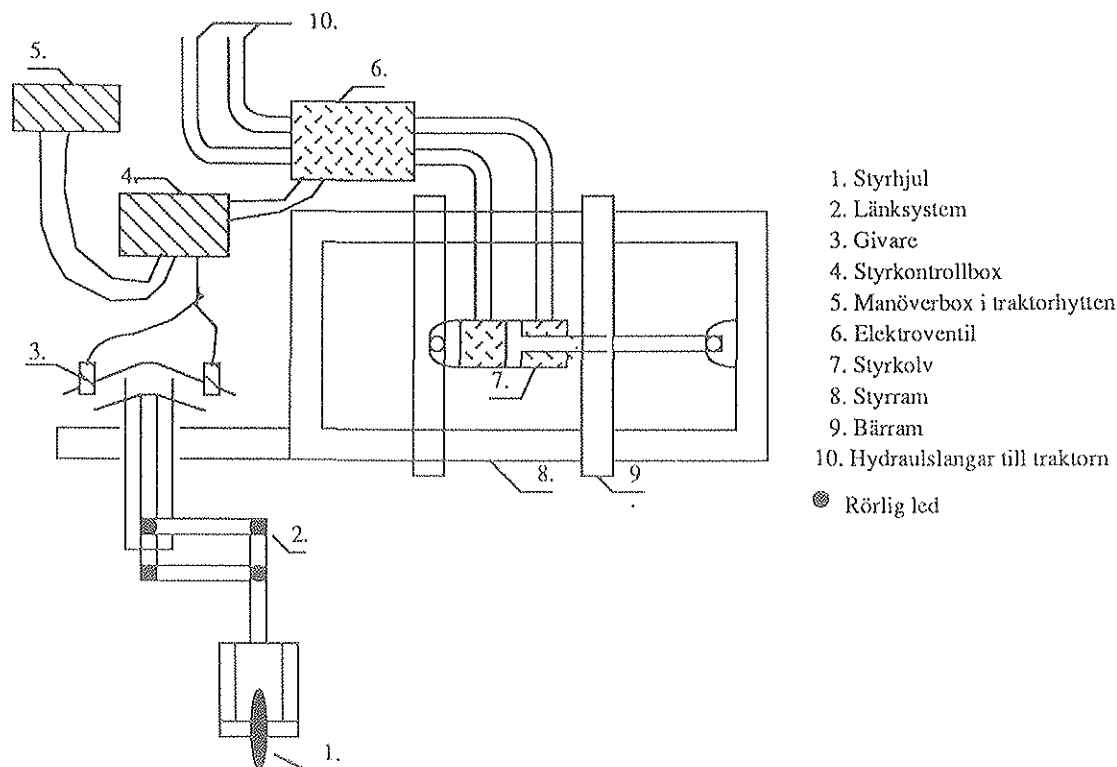
Styrsystemet som används, till samtliga hackor och rullharven, är konstruerat av Sockerbolaget. För att systemet skall fungera krävs en vid sådden uppritsad fåra. Då fåran ritsas ersätts den fjärde såbilen från vänster på såmaskinen med en kupplog. Figur 3 visar styrsystemet och siffrorna i texten nedan hänvisar till delarna i figuren.

Innan ogräshackningen påbörjas placeras hackorganen i radmellanrummen och styrhjulet (1) justeras så att den vinklade plåten under givarna (3) hamnar mitt emellan dessa. Ovan nämnda justering behöver bara göras en gång för varje radavstånd som hackas.

Styrhjulet kommer sedan under hackning att följa det ritsade spåret. Om hackan t.ex. befinner sig för långt åt höger i förhållande till raderna kommer ritsen att påverka hjulet och länksystemet så att plåten under givarna förflyttas in under den högra givaren. Då skickar den högra givaren en elektrisk signal till styrkontrollboxen (4). Denna skickar signalen vidare till elektroventilen (6) som öppnar och ett oljeflöde strömmar in i kolven (7) som i sin tur skjuter styrramen (8), och hackan åt vänster. Oljeflödet in i kolven fortsätter tills plåten under givaren återtagit positionen mitt emellan givarna, då bryts flödet.

Oljeflödet till styrsystemet sker från traktorns egna hydraulsystem via ett dubbelverkande oljeuttag. Oljan pumpas konstant från traktorn till elektroventilen via slangarna (10) och tillbaka till traktorn.

Dragstängerna på traktorn, som bärramen (11) är kopplad till, låses fast med begränsningslänkarna varvid bärramen sitter helt stum i sidled så att sidokrafterna som bildas när hackan styrs tas upp av traktorn.



Figur 3. Principskiss av hackornas gemensamma styrsystem.

PILOTSTUDIEN

För att undersöka vilket varvtal på rullhackhjulen som var det mest lämpliga och vilken körhastighet som skulle användas för hackorna med gåsfotskär och vinkelskär anlades en pilotstudie. Parcellerna var 10 m långa och sådda med 25 cm radavstånd. Jordarten var en måttligt mullhaltig moig lättlera.

Två hastigheter provades för hackorna med gåsfot och vinkelskär 2,25 km/h och 5 km/h. Anledningen till att dessa hastigheter valdes är att jordkastningen in i raden orsakad av skären vid körhastigheter under 3 km/h är mycket begränsad, medan den ökar vid hastigheter över 3 km/h. Vad beträffar rullhackhjulen provades två rotationshastigheter, 45 varv och 65 varv per minut och dessa varvtal motsvarar bearbetningsintensiteter på 1,4 respektive 2,0 vid en körhastighet på 2,25 km/h. I pilotstudien ingick följande led:

A1 = Låg hastighet (2,25 km/h) gåsfotskär

A2 = Hög hastighet (5,0 km/h) gåsfotskär

B1 = Låg hastighet (2,25 km/h) vinkelskär

B2 = Hög hastighet (5,0 km/h) vinkelskär

C1 = Lågt varvtal (45 varv/min) rullhacka

C2 = Högt varvtal (65 varv/min) rullhacka

Ogräsen räknades i fem fasta provytor om 0,25 m² per led, vid tre tillfällen, före hackning, direkt efter hackning och fem dagar efter hackning. Ogräsen räknades mellan och i stråsådesraderna, där "i rad" definieras som 3,5 cm om var sida av radens mitt. Skörden i pilotstudien mättes ej.

HACKFÖRSÖKENS UPPLÄGGNING OCH GENOMFÖRANDE

Under år 1992 anlades tre försöksserier med sammanlagt fem fältförsök i vårkorn. Syftet med försöken var att jämföra den nybyggda rullhackan med ogräshackor utrustade med gåsfotskär och vinkelskär. Fyra fältförsök var konventionellt odlade och ett var ekologiskt odlat.

Försöksplatser

Hackförsöken låg på två av Ultuna egendoms gårdar, Säby och Ekhaga (Lövsta). Ekhaga försöksgård drivs och odlas ekologiskt och Säby odlas konventionellt. Tabell 2 visar var försöken är belägna och jordarten på respektive försöksplats.

Tabell 2. Försöksplatsernas läge och jordart

Försöksserie	försök nr	plats	Jordart
R2-6113	535/92	Säby 2	mmh ML
	536/92	Säby 3	mmh mo LL
R2-6114	537/92	Säby 2	mmh SL
	538/92	Säby 3	mmh mo LL
R2-6115	539/92	Ekhaga	mr SL

Försöksplaner

Försöksserie R2-6113

Försöksserie R2-6113 omfattade två försök, nr 535/92 och 536/92. Försöksserien hade en split plot design med 30 meter långa och 3 meter breda parceller, där parcellerna var delade i två delar om vardera 15 m. Den ena av dessa två delar var kemiskt ogräsbekämpad, inklusive de radhackade parcellerna, för att få bort alla ogräs. Denna halva var tänkt att användas för bildanalys av täckningsgrad. Bildanalystekniken kommer att beskrivas senare. Totalt ingick 32 parceller per försök delade på fyra block.

Redskapen som användes i försöksserien var hackor utrustade med vinkelskär, gåsfotskär och rullhackhjul med bredderna 9 cm, 15 cm respektive 16,5 cm och dessutom ingick John Deeres rullharv med smala fingerhjul. I serien ingick följande led:

- A = Obehandlat 12,5 cm radavstånd
- B = Kemiskt bekämpat 12,5 cm radavstånd
- C = Obehandlat 25 cm radavstånd
- D = Radhackat med gåsfotskär 25 cm radavstånd
- E = Radhackat med vinkelskär 25 cm radavstånd
- F = Radhackat med rullhackhjul 25 cm radavstånd
- G = Radhackat med rullharv + rullhackhjul 25 cm radavstånd
- H = Rullharvat 25 cm radavstånd

Försöksserie R2-6114

Försöksserie R2-6114 omfattade två försök, nr 537/92 och 538/92. I dessa försök jämfördes gåsfotskär, vinkelskär och rullhackhjul vid tre olika radavstånd 12,5 cm, 17 cm och 25 cm. Gåsfotskären hade bredderna 9,5 cm och 15 cm. Vinkelskåret var 9 cm brett och rullhackhjulen hade bredderna 4 cm, 8,5 cm och 16,5 cm.

Parcellerna var i de båda försöken 3 meter breda och 20 meter långa. Totalt ingick 72 parceller per försök delade på fyra block. Följande led ingick i försöksserien:

A = Obehandlat 12,5 cm radavstånd	J = Radhackat med rullhackhjul 12,5 cm
B = Obehandlat 17 cm radavstånd	K = Radhackat med rullhackhjul 17 cm
C = Obehandlat 25 cm radavstånd	L = Radhackat med rullhackhjul 25 cm
D = Kemisk bekämpning 12,5cm	M = Radhackat med rullharv + rullhackhjul 12,5cm
E = Kemisk bekämpning 17 cm	N = Radhackat med rullharv + rullhackhjul 17 cm
F = Kemisk bekämpning 25 cm	O = Radhackat med rullharv + rullhackhjul 25 cm
G = Rullharvat 12,5 cm	P = Radhackat med vinkelskär 25 cm
H = Rullharvat 17 cm	Q = Radhackat med gåsfotskär 25 cm
I = Rullharvat 25 cm	R = Radhackat med gåsfotskär 17 cm

Försöksserie R2-6115

I serien ingick ett försök, nr 539/92, som var ekologiskt odlat. Radavstånden i försöket var 12,5 cm och 25 cm. Hackskären som användes var vinkelskär, gåsfotskär och rullhackhjul med bredderna 9 cm, 15 cm respektive 16,5 cm. Dessutom ingick Rabewerks ogräsharv. Parcellerna i försöket var 3 meter breda och 20 meter långa. Totalt ingick 24 parceller delade på fyra block. Följande led ingick:

A = Obehandlat 12,5 cm radavstånd
B = Ogräsharvat 12,5 cm radavstånd
C = Obehandlat 25 cm radavstånd
D = Radhackat med vinkelskär 25 cm radavstånd
E = Radhackat med gåsfotskär 25 cm radavstånd
F = Radhackat med rullhackhjul 25 cm radavstånd

Sådd och gödsling

Försöken var sådda med två olika typer av såmaskiner. Nordstens såmaskin med raka billar användes för att så led med 12,5 cm och 25 cm radavstånd. Vid sådd med 25 cm radavstånd stängdes varannan bill av. Såmaskinen var utrustad med tryckrullar för att packa såbädden efter sådd. Bettinson direktsåmaskin användes för att så med 17 cm radavstånd. Bettinsonmaskinen kupade med de bakre billarna upp mycket jord över de främre billraderna varvid dessa blev djupt sådda. För Nordstenmaskinen var såddjupet normalt dvs fyra till fem cm. Försöksserierna R2-6113 och R2-6114 var sådda med vårkornsorten Golf och försöksserie R2-6115 med vårkornsorten Blenheim.

Försöksserie R2-6113 gödslades med kombisåmaskin i samband med sådd och försöksserie R2-6114 övergödslades med en Tive exaktspridare. Dessa båda försöksserier gödslades med kalkammonsalpeter (N-28), medan försöksserie R2-6115 gödslades med benmjöl före sista harvningen. Tabell 3 visar datum för sådd och gödsling, och vilka utsädesmängder och gödselmängder som använts samt gödslingsmetod.

Tabell 3. Datum för sådd och gödsling samt utsädes- och gödselmängder

Försök nr	Sådd			Gödsling		
	datum	radavst. (cm)	mängd (kg/ha)	datum	spridnings- metod	kväve (kg/ha)
535/92	4/5	12,5	192	4/5	kombi gödslat	67
		25,0	152,5			
536/92	5/5	12,5	192	5/5	kombi gödslat	67
		25,0	152,5			
537/92	4/5	12,5	192	18/5	över gödslat	78
		17,0	186			
		25,0	152,5			
538/92	5/5	12,5	192	18/5	över gödslat	78
		17,0	186			
		25,0	152,5			
539/92	11/5	12,5	180	-	breds sprit	25
		25,0	175			

Hackning

I försöken kördes hackorna med gåsfot och vinkelskär med hastigheten 5 km/h och intensiteten 2,0 för rullhackan enligt resultat från pilotstudien. I ledet med kombinationen av rullharv och rullhackjul kördes rullharven före rullhackhjulen.

Hackningsdjupet för rullhackhjulen varierade mellan 2-4 cm beroende på skillnader i jordmotstånd. Arbetsdjupet för gåsfotskär och vinkelskär var ungefär 3 cm.

Försöksserie R2-6113 hackades den 4:e juni alltså en månad efter sådd. Radhackningen fungerade mycket bra men någon enstaka gång hände det att styrhjulet kom ur spåret och en del spannmålsplanter hackades upp. Grödan var vid hackningstillfället ca 20-25 cm hög och hade fyra till fem blad.

I försöksserie R2-6114 hackades försök 538/92 den 4:e och 5:e juni, medan försök 537/92 hackades den 12:e juni. Radhackningen fungerade bra vid båda tillfällena och vädret var soligt. Grödan hade fyra till fem blad och var ca 20 cm hög i båda försöken.

Försöksserie R2-6115 hackades den 9:e juni med bra resultat. Grödan hade fyra till fem blad och var ca 20 cm hög.

Undersökning av kupningseffekt

Gåsfotskären, vinkelskären och rullhackhjulen skiljer sig åt i kupningseffekt, dvs hur mycket jord de olika skären kupar in i plantraderna.

För att kunna mäta kupningseffekten utplacerades graderade stickor i stråsådesraderna. Stickorna var graderade i hela centimetrar från noll till tio. Fyra stickor per led placerades ut i leden med rullhack-hjul, gåsfotskär och vinkelskär vid 25 cm radavstånd. Stickorna placerades vinkelrätt mot sårriktningen, mitt i plantraden med nollstrecket exakt i markytan före hackning.

Stickorna placerades ut i försök, nr 536/92, 537/92 och 538/92 samma dag som hackningen skedde och stickorna lästes av direkt efter hackningen var avslutad.

Planträknningar

Spannmålsplantorna räknades två gånger, två och fyra veckor efter sådd. I alla försök genomfördes inte den andra räkningen beroende på att stråsåden hade bestockat sig för mycket. Plantorna räknades i två provytor om 0,25 m² per parcell.

Ogräsräkningar

Ogräsräkningen i samband med radhackningen skedde vid tre tillfällen i fyra fasta provytor om 0,25 m² per parcell i försöksserie R2-6114. Räkningarna skedde dagen före hackning, direkt efter hackning och fem dagar efter hackning i de hackade parcellerna. Ogräsen räknades mellan och i stråsådesraderna där "i rad" definieras som 3,5 cm om var sida av raden.

Ogräsen artbestämdes, räknades och vägdes ca en månad efter hackning i två provytor om 0,25 m² per parcell i försöksserierna R2-6113 och R2-6114. I försöksserie R2-6115 gjordes ogräsbestämningen två månader efter hackning.

Skörd

I varje bruttoparcell skördades en nettoruta på 27,6 m². Skörden från nettorutan vägdes och ett prov togs ut för analys. I denna ingår bestämning av andel avrens, volymvikt, vattenhalt och tusenkornvikt.

BILDANALYS

Täckningsgraden hos grödan mättes med hjälp av en bildanalysutrustning som består av en super-VHS kamera och ett datorprogram. Datorprogrammet är konstruerat av Anders Andersson vid institutionen för lantbruks teknik och detta användes för att analysera filmen.

Kameran monterades på en handdragen vagn för att hålla konstant avstånd på 1,6 meter till marken. Kameran ställdes in så att en ruta som var 0,25 m² fick plats i kamerans bildruta. Rutan på marken uppmättes med en graderad sticka.

I försök 535/92 filmades alla led med 25 cm radavstånd och i försök 538/92 filmades alla hackade led och leden som var obehandlade. Fyra rutor per led filmades.

En videobandspelare kopplas till en dator och videofilmens signal tolkas av ett datorprogram. För att programmet skall veta vad som är gröda och vad som är jord får dataoperatören markera provytor för grödan (objektet) och jorden (bakgrunden). Dessa provytor skall vara så jämt fördelade som möjligt över bilden både till storlek och antal. Programmet delar sedan in bilden i segment som kommer att innehålla gröna och röda punkter. Dessa prickas sedan av i ett diagram där y-axeln består av röda nyanser från noll till ett och x-axeln består av gröna nyanser. Grödan kommer att få en fördelning av grönt och rött som ligger åt det gröna hållet och jorden ligger åt det röda. Datorprogrammet beräknar sedan två regressionskurvor, en för det grödan = objektet, och en för jorden = bakgrunden.

Med utgångspunkt från regressionslinjerna beräknar sedan datorn hur stor andel av bilden som utgörs av objekt och hur stor andel som är bakgrund.

STATISTISKA METODER

Skördedata, ogräsdata en månad efter radhackning och planträkningsdata är bearbetade med variansanalys i SAS ANOVA (SAS, 1982). Ogräsdata i samband med hackning är bearbetade med variansanalys i SAS GLM (SAS, 1989). Signifikansnivåerna är angivna med:

n.s.=icke signifikant $p>0,05$

* $0,05 > p > 0,01$

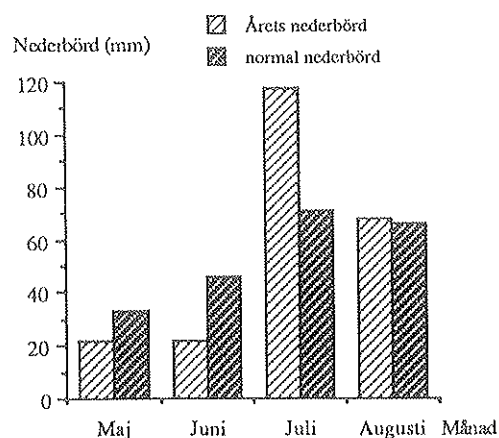
** $0,01 > p > 0,001$

*** $p < 0,001$

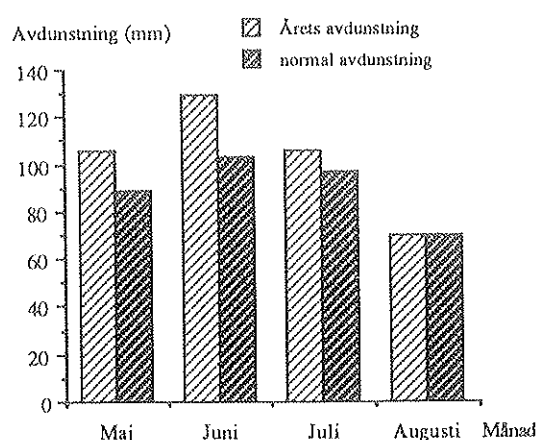
Beräkningarna av variansen är redovisade som stjärnor eller n.s i tabellerna och diagrammen. I dessa är dessutom LSD-värden (minsta signifikanta differens) angivna.

VÄDERSTATISTIK

Väderobservationer vid Ultuna meteorologiska station registrerade att nederbörden var mindre än den normala i maj och juni (figur 4) samtidigt som avdunstningen från bar markyta var större än normalt för dessa båda månader (figur 5). I juli månad föll mera regn än normalt. Avdunstningen för juli och augusti var ungefär normal.



Figur 4. Nederbörd under månaderna maj till augusti.



Figur 5. Avdunstning från bar markyta under månaderna maj till augusti.

RESULTAT

Pilotstudien

Pilotstudieförsöket hackades den 27:e maj och ogräsen räknades i fem fasta rutor om 0,25 m² vid tre tillfällen. Räkningarna skedde dagen före hackning, direkt efter och fem dagar efter hackning.

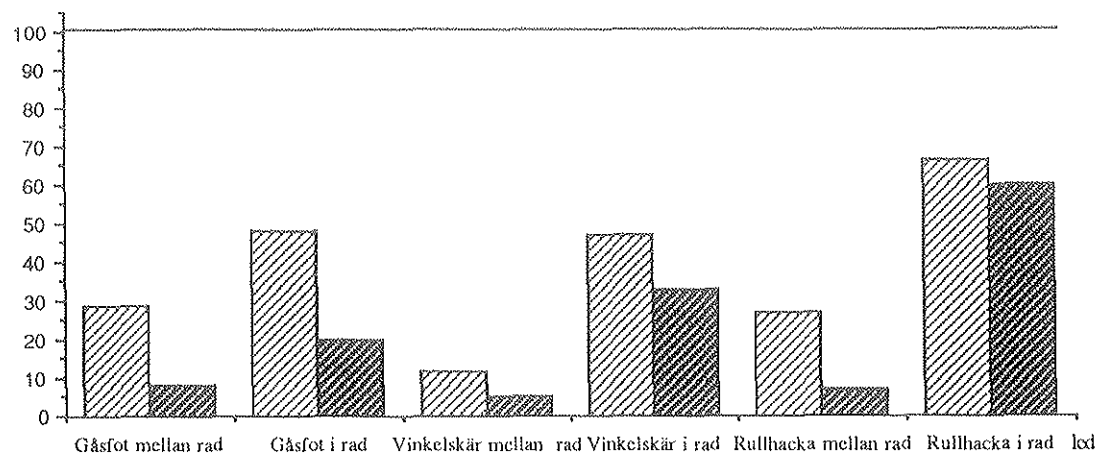
Hackorna med gåsfot och vinkelskär framfördes med två olika hastigheter 2,25 km/h och 5 km/h och rullhackhjulen arbetade med intensiteterna 1,4 respektive 2,0.

Ogräsresultaten direkt efter hackning visas i figur 6. Då rullhackhjulets bearbetningsintensitet vid hackning ökades från 1,4 till 2,0 minskade ogräsantalet mellan spannmålsraderna från 27 % till 7 % av antalet före hackning. Hackning med gåsfotskär och vinkelskär halverade ogräsantalet när körhastigheten höjdes från 2,25 km/h till 5 km/h.

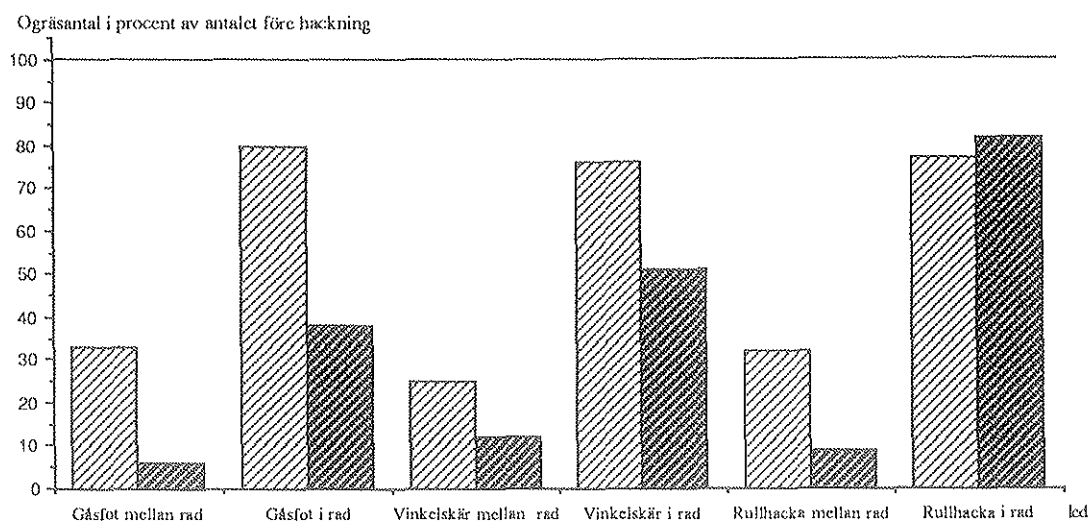
I stråsådesraderna minskade radhackning med rullhackhjul ogräsantalet från 66 % till 60 % när intensiteten ökades. Ogräseffekten i raderna vid hackning med rullhackhjul förbättrades således ej nämnvärt då intensiteten höjdes. Högre hastighet vid hackning med vinkelskär och gåsfotskär resulterade däremot i 14 %-enheter resp 28 %-enheter färre ogräs i raderna.

Även fem dagar efter hackning (figur 7) uppvisade radhackning med gåsfotskär och vinkelskär lägre ogräsantal både mellan och i raderna när hackningen utfördes med hög körhastighet. Radhackning med rullhackhjul resulterade däremot i något lägre ogräsantal i raderna vid körning med låg intensitet än vid hög.

Ogräsantal i procent av antalet före hackning



Figur 6. Ogräsantal direkt efter hackning i % av antalet före hackning i pilotstudien. ▨ = Ogräsantal i % av antalet före hackning vid körhastigheten 2,25 km/h för gåsfot och vinkelskär. Rullhackhjulen hade intensiteten 1,4 vid samma körhastighet. ■ = Ogräsantal i % av antalet före hackning vid körhastigheten 5,0 km/h för gåsfot och vinkelskär. Rullhackhjulen hade intensiteten 2,0 och körhastigheten 2,25 km/h.



Figur 7. Ogräsantal fem dagar efter hackning i % av antalet före hackning i pilotstudien. ▨ = Ogräsantal i % av antalet före hackning vid körhastigheten 2,25 km/h för gåsfotskär och vinkelskär. Rullhackhjulen hade intensiteten 1,4 vid samma körhastighet. ▩ = Ogräsantal i % av antalet före hackning vid körhastigheten 5 km/h för gåsfot och vinkelskär. Rullhackhjulen hade intensiteten 2,0 och körhastigheten 2,25 km/h.

Planträknningar

Spannmålsplantorna räknades vid två tillfällen den 21:e maj och den 5:e juni där den andra räkningen gjordes dagen efter hackning. Planträknningen gjordes i två fasta rutor om 0,25 m² per parcell i försöks-serie R2-6113 och i försök nr 538/92 i försöksserie R2-6114.

Resultatet av planträknningen efter hackning i försöksserie R2-6113 visade att radhackning med vinkel-skär minskade stråsädens plantantal till 81 procent av plantantalet före hackning i samma led (tabell 4). Det låga plantantalet efter hackning beror på att hackan ej följt styrspåret och därför hackat upp plantorna i två parceller. Radhackning med rullhackhjul och kombinationen av rullharv och rullhackhjul reducerade plantantalet till ca 95 procent av plantantalet före hackning i respektive led. Skillnaderna i plantantal mellan leden efter hackning var ej signifikanta och detta berodde till viss del på svårigheten att räkna plantorna på grund av en kraftig bestockning. Resultatet av planträknningen efter hackning indikerar dock att hackning med gåsfotskär har varit mera skonsamt än hackning med rullhackhjul och vinkelskär.

I försöksserie R2-6114 medförde radhackning med kombinationen av rullharv och rullhackhjul, ett minskat plantantal till 83 % respektive 89 % av antalet före hackning vid radavstånden 12,5 cm respektive 25 cm (tabell 5). Radhackning med rullhackhjulen vid 12,5 cm radavstånd reducerade plantantalet till 87 procent av antalet före hackning.

I övriga led var plantantalet större efter hackning jämfört med antalet före hackning. Detta berodde här liksom i serie R2-6113 på svårigheten att skilja på skott och plantor på grund av kraftig bestockning.

Tabell 4. Plantantal efter hackning som relativtal av antalet före hackning i försöksserie R2-6113

Plantantal	Samtliga	
	Före	Efter
Led		
Obehandlat 12,5 cm	98 = 100	97
Kemiskt bekämpat 12,5 cm	95 = 100	100
Obehandlat 25 cm	70 = 100	97
Gåsfotskär 25 cm	74 = 100	105
Vinkelskär 25 cm	69 = 100	81
Rullhackhjul 25 cm	74 = 100	95
Rullharv + rullhackhjul 25 cm	74 = 100	95
Rullharv 25 cm	71 = 100	99
Signifikans mellan led		n.s

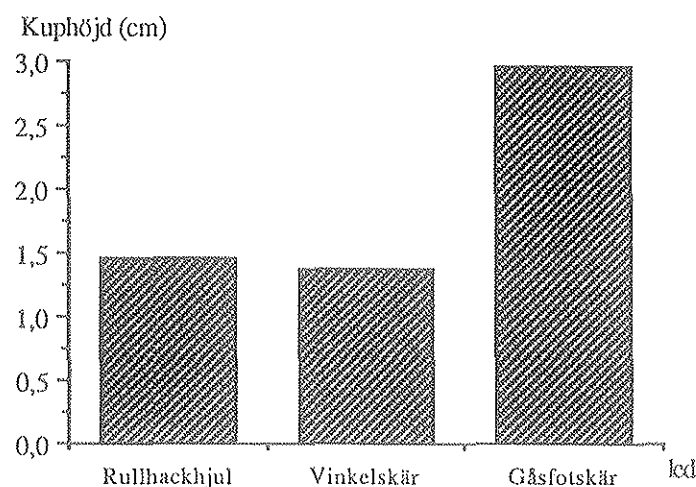
Tabell 5. Plantantal efter hackning som relativtal av antalet före hackning i respektive led i försöksserie R2-6114, försök nr 538

Plantantal	Samtliga 1992	
	Före	Efter
Led		
Obehandlat 12,5 cm	92 = 100	104
Obehandlat 17 cm	69 = 100	113
Obehandlat 25 cm	73 = 100	88
Kemisk bekämpning 12,5 cm	95 = 100	100
Kemisk bekämpning 17 cm	70 = 100	100
Kemisk bekämpning 25 cm	74 = 100	107
Rullharv 12,5 cm	91 = 100	101
Rullharv 17 cm	76 = 100	113
Rullharv 25 cm	70 = 100	117
Rullhackhjul 12,5 cm	89 = 100	87
Rullhackhjul 17 cm	82 = 100	113
Rullhackhjul 25 cm	75 = 100	103
Rullharv + rullhackhjul 12,5 cm	89 = 100	83
Rullharv + rullhackhjul 17 cm	79 = 100	111
Rullharv + rullhackhjul 25 cm	75 = 100	89
Vinkelskär 25 cm	77 = 100	104
Gåsfotskär 25 cm	71 = 100	120
Gåsfotskär 17 cm	61 = 100	131
Signifikans mellan led		n.s

Undersökning av kupningseffekt

Kuphöjdsupmätning utfördes i försök nr 536/92, 537/92 och 538/92 med graderade stickor utsatta i stråsådesraderna före hackning. Stickorna utplacerades i leden med gåsfotskär, vinkelskär och rullhackjul för 25 cm radavstånd. Stickorna lästes av direkt efter hackning.

Undersökningen visade att rullhackjulet och vinkelskåret kupade upp ungefär lika mycket jord kring stråsådesraderna 1,5 respektive 1,4 cm. Gåsfotskåret kupade upp dubbelt så mycket jord (figur 8). Skillnaden i kuphöjd mellan hackning med gåsfotskär kontra hackning med vinkelskär och rullhackjul var signifikant på 99,9 %-nivån.



Figur 8. Kuphöjd i centimeter i försöksserierna R2-6113 och R2-6114.

Ogräsräkningar

Försöksserie R2-6113

I försöksserie R2-6113 räknades, vägdes och artbestämdes ogräsen i två provytor om 0,25 m² per parcell. Ogräsräkningen utfördes den 9:e juli i försök nr 536/92 och den 14:e juli i försök nr 535/92. Mest förekommande ogräsarter var svinmålla (*Chenopodium album*), dånararter (*Galeopsis* spp.), oljeväxtarter (*Brassica* spp.), plisterarter (*Laminum* spp.) och våtarv (*Stellaria media*).

Radhackning med rullhackjul minskade ogräsantalet till 35 % av antalet och ogräsvikten till 76 % av vikten i obehandlat led (tabell 6 och tabell 7). Radhackning med gåsfotskär och vinkelskär medförde 8 %-enheter lägre ogräsvikt än hackning med rullhackjul. Hackning med kombinationen av rullharv och rullhackjul resulterade i lägre ogräsantal och ogräsvikt än hackning med enbart rullhackjul.

Tabell 6. Ogräsantal i försöksserie R2-6113

Försök nr Fröogräs antal	535/92 antal/m ²	536/92 antal/m ²	Samtliga 1992 antal/m ²
Led			
Obehandlat 12,5 cm	394=100	539=100	466=100
Kemiskt bekämpat 12,5 cm	71	21	46
Obehandlat 25 cm	64	104	84
Gåsfotskär 25 cm	18	34	26
Vinkelskär 25 cm	33	42	38
Rullhackjul 25 cm	32	38	35
Rullharv + Rullhackjul 25 cm	30	31	30
Rullharv 25 cm	53	115	84
Signifikans mellan led	**	*	*
LSD (antal/m ²)	171	357	280

Tabell 7. Ogräsvikt i försöksserie R2-6113 1992

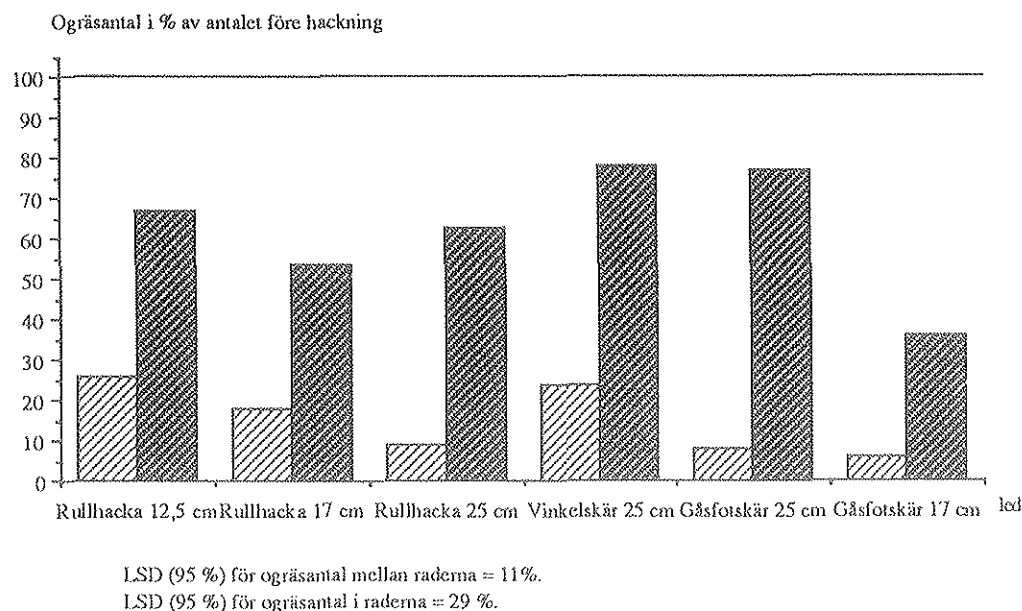
Försök nr Fröogräs vikt	535/92 vikt g/m ²	536/92 vikt g/m ²	Samtliga 1992 vikt g/m ²
Led			
Obehandlat 12,5 cm	221=100	557=100	389=100
Kemiskt bekämpat 12,5 cm	26	13	20
Obehandlat 25	135	128	132
Gåsfotskär 25 cm	50	86	68
Vinkelskär 25 cm	76	60	68
Rullhackjul 25 cm	76	66	76
Rullharv + Rullhackjul 25 cm	79	54	66
Rullharv 25 cm	116	118	117
Signifikans mellan led	**	**	**
LSD (g/m ²)	231	434	366

Försöksserie R2-6114

I försöksserie R2-6114 räknades ogräsen vid tre tillfällen i fyra fasta provytor om 0,25 m² per parcell i samband med radhackningen. Ogräsräkningarna utfördes i de hackade leden mellan och i stråsädesraderna dagen före hackning, direkt efter och fem dagar efter hackning.

Radhackning med gåsfotskär vid 17 cm radavstånd minskade ogräsantalet mellan raderna direkt efter hackning till 6 % av antalet före hackning (figur 9). Rullhackning vid 12,5 cm radavstånd minskade ogräsantalet till 26 % av antalet före hackning, vilket var signifikant skilt från hackning med gåsfotskär.

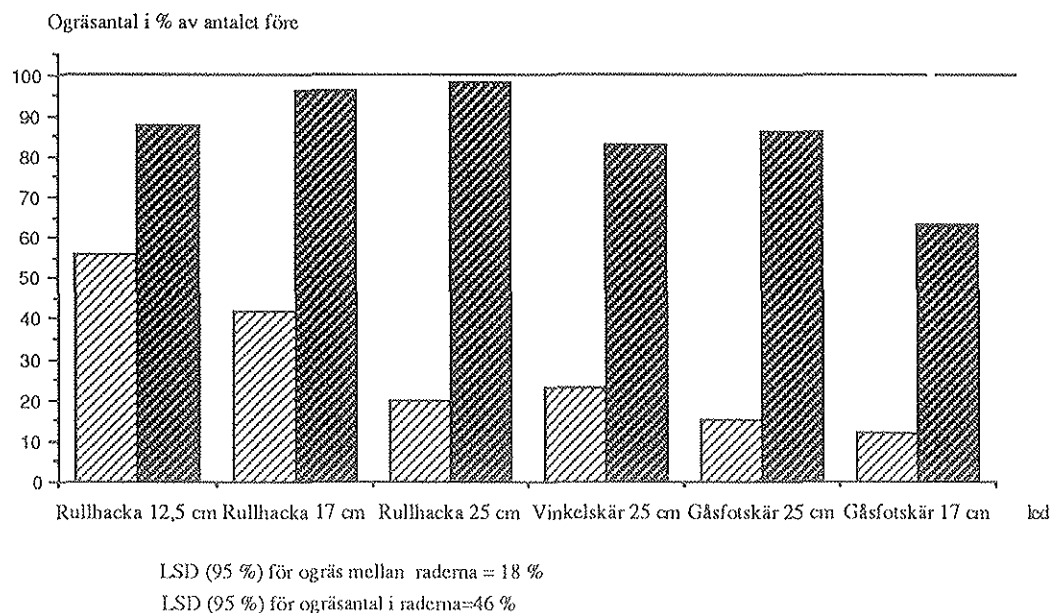
I raderna reducerades, vid hackning med gåsfotskär vid 17 cm radavstånd, ogräsantalet till 36 % av antalet före hackning. Radhackning med rullhackhjulen i samma radavstånd resulterade i 18 %-enheter fler ogräs i raderna än hackning med gåsfotskåret. Radhackning med rullhackhjul, 25 cm, reducerade ogräsantalet i raderna till 63 % av antalet före hackning, vilket är 14- resp 15 %-enheter färre ogräs än hackning med gåsfotskär och vinkelskär i samma radavstånd. Skillnaderna var inte signifikanta.



Figur 9. Ogräsantal i procent direkt efter hackning i försöksserie R2-6114. Ogräsantal före hackning är lika med 100 procent. ▨ = Ogräsantal mellan raderna direkt efter hackning i % av antalet före hackning. ■ = Ogräsantal i raderna direkt efter hackning i % av antalet före hackning.

Ogräsräkningen mellan raderna fem dagar efter hackning visade att hackning med gåsfotskär vid 17 cm radavstånd lämnade kvar 12 % ogräs jämfört med antalet före hackning (figur 10). Rullhackhjulen lämnade i samma radavstånd kvar 42 % ogräs. Skillnaden var signifikant. Vid 25 cm radavstånd reducerade radhackning med gåsfotskär ogräsantalet mellan raderna till 15 % av antalet före hackning och hackning med vinkelskär och rullhackhjul resulterade i något högre ogräsantal.

Ogräsantalet i raderna minskade till 63 % av antalet före hackning vid hackning med gåsforskär, 17 cm, medan hackning med rullhackhjul lämnade kvar 96 % ogräs i samma radavstånd. Skillnaden var inte signifikant.



Figur 10. Ogräsantal i procent fem dagar efter hackning i försöksserie R2-6114. Antalet före hackning är lika med 100 procent. ▨ = Ogräsantal mellan raderna fem dagar efter hackning i % av antalet före hackning. ▩ = Ogräsantal i raderna fem dagar efter hackning i % av antalet före hackning.

En månad efter hackning artbestämdes, räknades och vägdes ogräsen i två provytor om 0,25 m² per parcell. Viktigaste ogräsarter var dåranter (*Galeopsis* spp), oljeväxtarter (*Brassica* spp), svinmålla (*Chenopodium album*), våtarv (*Stellaria media*) och åkerbinda (*Polygonum convolvulus*).

Radhackning vid 12,5 cm radavstånd med rullharv och rullhackhjul reducerade ogräsantalet (tabell 8) till 56 % av antalet i obehandlat led, vilket är 9 %-enheter färre ogräs än radhackning med enbart rullhackhjul. I kemiskt bekämpat led med samma radavstånd reducerades ogräsantalet till 35 % av antalet i måtarledet. Resultatet för hackning med rullharv och rullhackhjul skilde sig signifikant gentemot obehandlat led och kemisk behandling men ej mot hackning med enbart rullhackhjul.

Vid 17 cm radavstånd minskade hackning med gåsfotskär ogräsantalet till 37 % av antalet i måtarledet. Resultatet är i nivå med kemisk bekämpning och 7 %-enheter lägre än radhackning med rullhackhjul i samma radavstånd. Resultatet för hackning med gåsfotskär skilde sig endast signifikant från måtarledet.

Radhackning med gåsfotskär, vinkelskär respektive kombinationen av rullharv och rullhackhjul vid 25 cm radavstånd reducerade ogräsantalet till ungefär 35 % av antalet i måtarledet. Resultatet skiljde sig signifikant från måtarledet.

Tabell 8. Ogräsantal i försöksserie R2-6114

Försök nr	537/92	538/92	Samtliga 1992
Fröogräs antal	antal/m ²	antal/m ²	antal/m ²
Led			
Obehandlat 12,5 cm	219=100	117=100	168=100
Obehandlat 17 cm	68	65	67
Obehandlat 25 cm	72	103	83
Kemiskt bekämpat 12,5 cm	38	30	35
Kemiskt bekämpat 17 cm	33	38	35
Kemiskt bekämpat 25 cm	39	38	39
Rullharv 12,5 cm	73	82	76
Rullharv 17 cm	64	68	66
Rullharv 25 cm	90	77	85
Rullhackhjul 12,5 cm	69	57	65
Rullhackhjul 17 cm	49	34	44
Rullhackhjul 25 cm	36	48	42
Rullharv + rullhackhjul 12,5 cm	58	54	56
Rullharv + rullhackhjul 17 cm	55	33	47
Rullharv + rullhackhjul 25 cm	43	21	35
Vinkelskär 25 cm	36	32	35
Gåsfotskär 25 cm	44	17	34
Gåsfotskär 17 cm	48	18	37
Signifikans mellan led	**	n.s.	***
LSD (antal/m ²)	104		69

Radhackning med rullhackhjul vid 12,5 cm radavstånd reducerade ogräsvikten (tabell 9) till 88 % av vikten i mätarledet, medan radhackning med kombinationen av rullharv och rullhackhjul minskade ogräsvikten i samma radavstånd till 61 %. Skillnaden var ej signifikant.

Hackning med gåsfotskär vid 17 cm radavstånd minskade ogräsvikten till 44 % av vikten i mätarledet. Kemiskt behandlat led minskade ogräsvikten till 31 % och radhackning med kombinationen av rullharv och rullhackhjul reducerade ogräsvikten till 64 % av vikten i mätarledet. Behandlingarna skiljde sig ej signifikant gentemot varandra, däremot var skillnaden gentemot mätarledet signifikant.

Radhackning med gåsfotskär vid 25 cm radavstånd minskade ogräsvikten till 35 % av vikten i mätarledet. Radhackning med vinkelskär och rullhackhjul vid samma radavstånd reducerade ogräsvikten till 63 resp. 79 % av vikten i obehandlat mätarled. När radhackningen utfördes med kombinationen av rullharv och rullhackhjul reducerades ogräsvikten till 53 % av vikten i mätarledet. Resultatet för hackning med gåsfotskär skilde sig signifikant från hackning med rullhackhjul men ej från hackning med vinkelskär.

Tabell 9. Ogräsvikt i försöksserie R2-6114

Försök nr Fröogräs vikt	537/92 vikt g/m ²	538/92 vikt g/m ²	Samtliga 1992 vikt g/m ²
Led			
Obehandlat 12,5 cm	138=100	160=100	149=100
Obehandlat 17 cm	109	100	104
Obehandlat 25 cm	135	144	140
Kemiskt bekämpat 12,5 cm	19	11	15
Kemiskt bekämpat 17 cm	29	32	31
Kemiskt bekämpat 25 cm	32	25	28
Rullharv 12,5 cm	99	100	99
Rullharv 17 cm	107	107	107
Rullharv 25 cm	151	119	134
Rullhackjul 12,5 cm	63	110	88
Rullhackjul 17 cm	78	86	82
Rullhackjul 25 cm	49	106	79
Rullharv + rullhackjul 12,5 cm	55	66	61
Rullharv + rullhackjul 17 cm	72	56	64
Rullharv + rullhackjul 25 cm	70	39	53
Vinkelskär 25 cm	58	68	63
Gåsfotskär 25 cm	53	19	35
Gåsfotskär 17 cm	62	28	44
Signifikans mellan led	n.s	n.s	***
LSD (g/m ²)			112

Försöksserie R2-6115

Ogräsen artbestämdes, räknades och vägdes den 18:e augusti i två provytor om 0,25 m². Mest förekommande arter var svinmålla (*Chenopodium album*), våtarv (*Stellaria media*) och åkerförgätmigej (*Myosotis arvensis*).

Radhackning med vinkelskär minskade ogräsantalet till 56 % av antalet i måtarledet och ogräsvikten till 60 %. Radhackning med gåsfotskär resulterade i ungefär samma ogräsantal och ogräsvikt som radhackning med vinkelskär. Radhackning med rullhackjul medförde däremot 5 %-enheter fler ogräs och 9 %-enheter högre ogräsvikt än hackning med vinkelskär (tabell 10).

Tabell 10. Ogräsantal och ogräsvikt i försöksserie R2-6115

Försök nr 539 Fröogräs antal och vikt	Ogräsantal antal/m ²	Ogräsvikt vikt g/m ²
Led		
Obehandlat 12,5 cm	270=100	266=100
Ogräsharvat 12,5 cm	75	77
Obehandlat 25 cm	97	94
Vinkelskär 25 cm	56	60
Gåsfotskär 25 cm	58	60
Rullhackjul 25 cm	61	69
Signifikans mellan led	**	n.s
LSD (antal/m ² , g/m ²)	87	

Bildanalys

Resultat från bildanalysen redovisas ej beronde på att det blev för stora skillnader mellan enskilda mätningar även när samma bildruta analyserades. Resultaten blev för osäkra. Osäkerheten berodde till viss del på de skuggor som fanns på filmen. Metoden var svår att använda i denna typ av mätningar.

Skörd

Försöksserie R2-6113

Försöksserie R2-6113 skördades den 20 augusti. Skörderesultaten från de kemiskt behandlade halvorna av de båda försöken redovisas ej. Skillnaderna i skörd mellan de radhackade leden var små, (tabell 11) men radhackning med rullhackjul resulterade i något högre skörd än måtarledet, vilket är i nivå med den kemiska bekämpningen. Hackning med gåsfotskär medförde lika hög skörd som måtarledet medan hackning med vinkelskär resulterade i något lägre skörd.

Tabell 11. Skörderesultat i försöksserie R2-6113

Försök nr: Skörd	535/92 kg/ha	536/92 kg/ha	Samtliga 1992 kg/ha
Led			
Obehandlat 12,5 cm	4530	3960	4245
Kemiskt bekämpat 12,5 cm	104	102	103
Obehandlat 25 cm	99	91	95
Gåsfotskär 25 cm	105	95	100
Vinkelskär 25 cm	97	99	98
Rullhackjul 25 cm	100	104	102
Rullharv + rullhackjul 25 cm	101	97	99
Rullharv 25 cm	101	86	94
Signifikans mellan led	n.s	n.s	n.s

Försöksserie R2-6114

Försök nr 537/92 skördades den 30:e augusti och nr 538/92 den 20:e augusti. I genomsnitt, för de båda försöken, registrerades inga signifikanta ledskillnader. I försök nr 538 fanns däremot vissa signifikanta skillnader.

Radhackning med rullharv och rullhackjul vid 25 cm radavstånd gav 6 % högre skörd än mätarledet. Radhackning med enbart rullhackjul vid samma radavstånd resulterade i 1 % lägre skörd än mätarledet. Hackning med gåsfotskär och vinkelskär medförde vid samma radavstånd något lägre skörd än hackning med kombinationen rullharv och rullhackjul (tabell 12).

I 12,5 cm radavstånd blev resultatet det omvända. Radhackning med rullharv respektive rullhackjul medförde högre skörd än hackning med kombinationen av dessa redskap.

Tabell 12. Skörderesultat i försöksserie R2-6114

Försök nr	537/92	538/92	Samtliga 1992
Skörd	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Led			
Obehandlat 12,5 cm	3760	4050	3900
Obehandlat 17 cm	97	117	108
Obehandlat 25 cm	97	102	100
Kemiskt bekämpat 12,5 cm	97	95	96
Kemiskt bekämpat 17 cm	95	114	105
Kemiskt bekämpat 25 cm	97	107	102
Rullharv 12,5 cm	101	104	103
Rullharv 17 cm	90	114	102
Rullharv 25 cm	93	106	100
Rullhackhjul 12,5 cm	102	101	102
Rullhackhjul 17 cm	92	109	101
Rullhackhjul 25 cm	98	100	99
Rullharv + rullhackhjul 12,5 cm	101	95	98
Rullharv + rullhackhjul 17 cm	98	108	103
Rullharv + rullhackhjul 25 cm	99	113	106
Vinkelskär 25 cm	98	109	104
Gåsfotskär 25 cm	92	113	103
Gåsfotskär 17 cm	97	112	104
Signifikans mellan led	n.s	*	n.s
LSD (kg/ha)		520	

Försöksserie R2-6115

Försök 539 skördades den 18:e augusti och resultatet visas i tabell 13. Av tabellen framgår att radhackning med vinkelskär och gåsfotskär resulterade i 12 % resp. 10 % högre skörd än mätarledet. Radhackning med rullhackhjul gav 2 % högre skörd jämfört med mätarledet. Skillnaden var signifikant. Anmärkningsvärt var att obehandlat led med 25 cm radavstånd medförde 6 % högre skörd än motsvarande led med 12,5 cm radavstånd.

Tabell 13. Skörderesultat i försöksserie R2-6115

Försök nr:	539
Skörd	kg/ha
Led	
Obehandlat 12,5 cm	2730
Ogräsharvat 12,5 cm	104
Obehandlat 25 cm	106
Vinkelskär 25 cm	112
Gåsfotskär 25 cm	110
Rullhackhjul 25 cm	102
Signifikans mellan led	**
LSD (kg/ha)	202

DISKUSSION

Syftet med fältförsöken var dels att undersöka hur rullhackan fungerade jämfört med hackor utrustade med gåsfotskär och vinkelskär och dels att undersöka hur radhackning fungerar i små radavstånd.

Rullhackan har en mer komplicerad konstruktion än hackorna med gåsfotskär och vinkelskär genom att hackorganen är hydraulmotordrivna. Rullhackans stora fördelar jämfört med hackor utrustade med fasta skär är att bearbetningsintensiteten kan varieras steglöst och att rullhackan kan köras med olika körhastigheter vid hackning med bibehållen bearbetningsintensitet. Bearbetningsintensiteten för radhackor med fasta skär är däremot starkt beroende av körhastigheten vid hackning.

Rullhackan hade svårt att hålla ett jämt bearbetningsdjup beroende på att stödhjul sakades. Djupet varierade därför med jordens hårdhetsgrad och bearbetningsintensitet. Rullhackan har till 1993 års radhackningsförsök försetts med stödhjul och en billarmsupphängning som ger ett jämnare bearbetningsdjup.

De roterande hackhjulen på rullhackan klippte av bladspetsar från spannmålsplantorna, beroende på att hackhjulen var helt oskyddade men enligt Lundegårdh (pers. medd., 1993) har det ej någon större inverkan på skörden. Däremot kan spannmålsplanorna tappa konkurrensförmåga genomet andra arter och om det är mycket torrt efter hackning kan spannmålsplantorna bli torkstressade.

Metoden att mäta höjden av inkupad jord i raden med hjälp av graderade stickor har fungerat bra men stickorna måste sitta ordentligt fast i marken så att de ej kan röras i höjdlid när hackningen genomförs.

Metoden att räkna ogräsantalet mellan och i stråsädesraderna i fasta rutor ger dels en upplysning om hur ogräsen är fördelade över ytan dels hur effektiva skären är att täcka ogräsen i raden med jord. Metodens svaghet ligger i svårigheten att definiera radens bredd. Skall avståndet mellan hackskärens ytterkanter räknas som plantrad eller skall avståndet vara smalare?

Ogräsantalet i raden direkt efter hackning (figur 9) var högre för hackning med gåsfotskär än för hackning med rullhackhjul vid 25 cm radavstånd trots att hackning med gåsfotskär kupade in dubbelt så mycket jord i raden som hackning med rullhackhjul (figur 8). Orsaken till detta kan vara att gåsfotskären inte har täckt ogräsen närmast raden med tillräckligt mycket jord eftersom det är pinnen som har störst kupande effekt. Rullhackhjulen har däremot kastat jorden bakåt och därmed lagt ikull ogräsen och täckt dem bättre ända intill plantraderna.

Radhackning med rullhackhjul vid 12,5 cm radavstånd medförde liten ogräsreduktion mellan raderna och detta kan bero på att skäret är så smalt att ogräsen kan vika åt sidan och överleva (figur 9 och 10). Detta styrks av att hackning med rullhackhjulen resulterade i kraftigare minskning av ogräsantalet mellan raderna vid 17 cm respektive 25 cm radavstånd. Ett förslag är därför att öka bredden på rullhackhjulen från 4 cm till 5 cm.

Radhackning med rullhacka resulterade i högre ogräsantal och mycket högre ogräsvikt än radhackning med gåsfotskär och vinkelskär i motsvarande radavstånd i försöksserie R2-6114 (tabell 8 och 9). Det kan dels bero på att ogräs rotat sig igen, dels på att nya ogräsfrön har grott. Anledningen till ett större antal nya frön kan ha grott är att rullhackhjulen finfördelar jorden mer effektivt än gåsfotskär och vinkelskär och därmed skapar en bättre såbädd för nya ogräsfrön att gro i. För att öka den skärande effekten hos rullhackhjulen kan förslagsvis dessa förses med L-formade knivar istället för vingar.

Hackning med kombination av rullharv och rullhackhjul resulterade i betydligt lägre ogräsvikt än hackning med enbart rullhackhjul. Den förbättrade effekten kan bero på att rullharven har luckrat jorden före rullhackhjulen så att dessa bearbetade ogräsen effektivare.

Skillnaderna i skörderesultat var små mellan leden i försöksserierna R2-6113 och R2-6114 (tabell 11 och 12), vilket gör det svårt att dra några säkra slutsatser om vilket radhackningsskär som är det bästa. Skörderesultaten i försöksserie R2-6114 är inte heller riktigt jämförbara beroende på att två olika såmaskiner har använts i försöken. Skillnaderna märks tydligast i försök nr 538/92 där obehandlat led med 17 cm radavstånd, sått med Bettinson direktsåmaskin, resulterade i 17 % högre skörd än mätarledet, när skörden borde ha blivit ca 3 % lägre än mätarledet enligt Bengtsson (1972). Även skörden vid 25 cm radavstånd i samma försök borde ha blivit lägre än den blev. Detta kan ha berott på att den begränsade vattentillgången i början av växtsäsongen inte räckte till för det högre plantantalet vid 12,5 cm radavstånd.

Radhackning resulterade i ungefär samma skörd som kemisk bekämpning i försöksserie R2-6113 och R2-6114 trots att radhackning medförde högre ogräsvikt och ogräsantal än kemiskt behandlat led. Orsaken kan vara att luckringen genom radhackning medförde ett avdunstningsskydd och en ökad mineralisering. I försöksserie R2-6114 gav kemiskt behandlat led med 12,5 cm radavstånd lägre skörd än obehandlat led med samma radavstånd vilket tyder på herbecidskador.

Vädret var torrt under maj och juni, vilket medförde att det var relativt lite ogräs som hade grott vid hackningstillfällena. Försök nr 537/92 övergödslades med kväve men detta kom ej grödan tillgodo förrän regnet kom, vilket ledde till en svag utveckling av grödan i början av växtsäsongen. I försök nr 535/92, 536/92 och 538/92 utvecklades grödan mycket snabbt beroende på hög lufttemperatur och god tillgång på vatten och näring.

De slutsatser man kan dra av radhackningsförsöken är att:

- rullhackan ej medförde ett ogräs- och skörderesultat som var bättre än hackor utrustade med gåsfol och vinkelskär
- rullhackans effekt mot ogräset måste förbättras om rullhackan skall bli konkurrenskraftig gentemot hackor med fasta skär. Ett förslag är att rullhackans hjul förses med L-formade knivar för att få en mera skärande typ av organ
- rullhackans skär för 12,5 cm radavstånd behöver breddas från 4 cm till 5 cm för att ge bättre effekt på ogräset mellan raderna vid hackning
- fortsatt forskningsarbete behövs för att utvärdera vilken typ av hackningsutrustning som ger bästa resultat.

LITTERATURREFERENSER

- Bengtsson, A. 1972. Radavstånd och utsädesmängd för vårvete och vårkorn. Lantbrukshögskolans meddelanden Serie A nr 160, 28 s.
- Gillberg, B; Gunnarsson, S; Henriksson, L. 1984. Försök med ogräsharvning i stråsäd. 25:e svenska ogräskonferensen 1984. Rapport del 1, s 182-187.
- Gummesson, G. 1986. Kemisk och ickekemisk bekämpning - förändringar i ogräsbestånd vid olika bekämpningsåtgärder. 27:e svenska ogräskonferensen rapport del 1, s 200-219.
- Hammarström, L. 1990. Ogräsharvning i stråsäd. 31:a svenska växtskyddskonferensen 1990. Ogräs och ogräsbekämpning. Rapporter, del 1, s 55-58.
- Hammarström, L. 1992. 1991 års jordbearbetningsförsök. (Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för markvetenskap, Rapport 81), s 50-52.
- Håkansson, S. 1984. Row spacing, seed distribution in the row, ammount of weed influence on production in stands of cereals - weeds and weed control. 25 th weed conference, vol 1 reports, s 17-34.
- Koch, W. 1964. Unkrautbekämpfung durch Eggen, Hacken und Meissen in Getreide II. Das Verhalten der einzelnen Unkrautarten gegenüber Egge, Hacke und Meissel. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenanbau, s 85-95.
- Mattson, B; Nylander, C. 1988. Radrensning - mekanisk ogräsbekämpning i växande gröda. Undersökning av radrensningsutrustning 1988. (Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för lantbruksteknik, Alnarp. 50 s.
- Rasmussen, J; Pedersen, B. 1990. Forsøg med radrensning i korn - rækkeafstand og udsædsmaengde. 7. Danske planteværnsconference - ukrudt 1990, s187-199.
- Rasmussen, J; Vester, J. 1988. Ikke kemisk ukrudtbekæmpelse i lantbrugsafgrøder. 5. Danske planteværnsconference - ukrudt 1988, s 151-167
- SAS Institute Inc, SAS Users guide: statistics, 1982 edition. Cary, NC: SAS Institute Inc, 1982. 584 s.
- SAS Institute Inc, SAS/STAT. 1989. Users guide, verion 6, Fourth edition, volume 2. Cary, NC. SAS Intstitute Inc, 1989. 846 s
- Schmid, O; Steiner, K. 1986. Erfahrungen mit mechanischer Unkrautregulierung in Getreide auf Betrieben des biologischen Landbaus. Mitteilungen fur die Schweizerische Landwirtschaft. Arg. 34 1-2. Frauenfeld. s 27-34.
- Terpstra, R; Kouwenhoven, J. 1981. Inter and intra-row weed control with a hoe ridger. J. agric Engng res. 26. s 127-134.

Personliga meddelanden

- Lundegårdh, B. 1993. Forskningsassistent. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för växtodlingslära.

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnärlingsläckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients. 45 pp.</i>
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment. 28 pp.</i>